**Apunte Teórico: PDH y SDH, Jerarquías y Relojes**

**1️⃣ Conceptos básicos**

**PDH (Plesiócrono)**

* Plesiócrono = “casi sincronizado” → los relojes de los diferentes transmisores/receptores **no están perfectamente sincronizados**.
* Cada nivel de jerarquía tiene su propio **reloj interno**, y las pequeñas diferencias se ajustan con **bits de relleno (stuffing bits)**.

**SDH (Synchronous Digital Hierarchy)**

* Sincronizado → todos los flujos siguen un **reloj maestro global**.
* No se requieren bits de relleno para sincronización como en PDH.

**2️⃣ Jerarquía de PDH europeo**

| **Nivel** | **Nombre** | **Tramas** | **Velocidad aproximada** | **Multiplexa** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | E1 | 1 trama (autobús) | 2,048 Mbps | 30 canales de voz + 2 de señalización |
| 2 | E2 | 4 E1 (tren pequeño) | 8,448 Mbps | 4 E1 |
| 3 | E3 | 16 E1 (tren grande) | 34,368 Mbps | 4 E2 |
| 4 | E4 | 64 E1 (tren gigante) | 139,264 Mbps | 4 E3 |

**Analogía de transporte:**

* **E1 = autobús**
* **E2 = tren pequeño con 4 autobuses**
* **E3 = tren grande con 4 trenes E2 (16 autobuses)**
* **E4 = tren gigante con 4 trenes E3 (64 autobuses)**

**3️⃣ Reparto de relojes en PDH**

| **Nivel** | **Qué controla** | **Notas** |
| --- | --- | --- |
| E1 | Cada autobús (trama) | Reloj interno de E1, receptor y emisor |
| E2 | Tren que multiplexa 4 E1 | Reloj maestro E2 + relojes internos de cada E1 |
| E3 | Tren grande que multiplexa 4 E2 | Reloj maestro E3 + 4 relojes E2 + 16 relojes E1 |
| E4 | Tren gigante que multiplexa 4 E3 | Reloj maestro E4 + todos los relojes E3, E2 y E1 |

* **Cada nivel tiene su reloj maestro**
* **Cada subnivel mantiene su reloj interno**
* Las diferencias de velocidad se corrigen con **bits de relleno**

**4️⃣ Bits de relleno (Stuffing Bits)**

* Aparecen en PDH para **compensar diferencias de reloj entre niveles**.
* Tipos:
  1. **Autobús más lento que el tren:** se insertan bits de relleno positivos → aumenta la velocidad efectiva del autobús
  2. **Autobús más rápido que el tren:** se omiten bits (relleno negativo) → reduce la velocidad efectiva
* Función: **permitir que todos los flujos viajen sincronizados en el mismo tren**, sin perder información.
* No transportan información útil; solo son ajustes de velocidad.

**5️⃣ STM en SDH**

* Unidad básica: **STM-1**
* **Tamaño de la trama STM-1:** 9 filas × 270 columnas = 2430 bytes = 19,440 bits
* **Duración de la trama:** 125 μs
* **Velocidad STM-1:**

Velocidad=19,440 bits125×10−6 s≈155.52 Mbps\text{Velocidad} = \frac{19,440 \text{ bits}}{125 \times 10^{-6} \text{ s}} \approx 155.52 \text{ Mbps}

* **STM-n** = n × STM-1
  + STM-4 ≈ 622.08 Mbps
  + STM-16 ≈ 2.488 Gbps
  + STM-64 ≈ 9.953 Gbps

**STM-1 desde la perspectiva PDH**

* Cada STM-1 transporta **63 E1 + overhead**
* 63 × 2,048 Mbps = 129,024 Mbps
* Overhead ≈ 26,496 Mbps
* Total ≈ 155,52 Mbps

**6️⃣ Comparación PDH vs SDH**

| **Característica** | **PDH** | **SDH** |
| --- | --- | --- |
| Sincronización | Plesiócrono (casi sincronizado) | Sincronizado con reloj maestro |
| Bits de relleno | Sí, necesarios | No necesarios |
| Velocidad básica | E1 = 2 Mbps (EU), T1 = 1.544 Mbps (US) | STM-1 = 155,52 Mbps |
| Multiplexación | Jerarquía fija, compleja | Jerarquía sincronizada, flexible |
| Flexibilidad | Difícil de extraer un canal individual | Fácil extracción de subcanales |

**🔹 Conceptos clave para recordar**

1. **E1 = autobús, E2 = tren, E3 = tren grande, E4 = tren gigante**
2. **Cada nivel tiene su reloj maestro**, y los subniveles mantienen sus relojes internos
3. **Bits de relleno en PDH** ajustan diferencias de velocidad entre niveles
4. **SDH sincroniza todo**, por eso no necesita bits de relleno
5. **STM-1 = 63 E1 + overhead ≈ 155.52 Mbps**